

Química en tres dimensions

Chemistry in three dimensions

Toni Aulés Solé i Dani Jiménez Albiac / CreaCiència – Experimentàlia



resum

Les activitats d'educació no formal són un complement molt important tant per a escoles com per a famílies. Aquestes activitats es poden desenvolupar en museus, parcs, centres de recerca i escoles i poden abastir mòduls com les petites exposicions itinerants i actuacions en directe. *La vida secreta dels elements* i *Quim i Ka*, dissenyades per CreaCiència – Experimentàlia, són dues d'aquestes activitats. Amb aquestes, els nens i nenes aprenen les aplicacions de la ciència a la seva vida quotidiana i potencien el seu pensament lateral, la imaginació i la creativitat, gràcies a experiments sorprenents i a les contínues preguntes i misteris que es proposen per resoldre.

paraules clau

Educació no formal, experiments químics, espectacles, pensament lateral, creativitat.

abstract

Non-formal educational activities are a very useful complement for schools and families. These activities can be held in museums, parks, Science Centres and Schools, and can range from pop-up expositions to life performances. *Quim i ka* and *La vida secreta dels elements* are two of these activities which are designed by CreaCiència – Experimentàlia. With these two activities, children learn the applications of Science in their daily life and they get their lateral thinking, imagination and curiosity enhanced by amazing experiments and a continuous flow of questions and mysteries to resolve.

keywords

Non-formal education, chemical experiments, shows, lateral thinking, creativity.

Introducció

Durant tot l'any 2011 i celebrant l'Any Internacional de la Química, activitats de tot tipus han aconseguit captar l'atenció de petits i grans. Amb els nostres espectacles *Reacciona... amb la química!* i *Dels alquimistes als químics*, hem fet de les reaccions espectaculars, explosives o sorprenents les protagonistes absolutes. Tot i així, amb les dues activitats (fig. 1) que presentem en aquest article, *Quim i Ka* i *La vida secreta dels elements*, hem volgut presentar la química a un nivell encara més participatiu, en el qual els alumnes són els autèntics protagonistes.

Amb més de mil activitats fetes, tenim un full de ruta molt clar: el nostre objectiu és l'apropament de la ciència, la tecnologia i el medi ambient d'una manera experimental, espectacular i entenedora, amb un discurs adaptat a tots els públics. D'aquests, el col·lectiu escolar és el major dels públics amb els quals treballem. Escoles i famílies participen de les nostres activitats, pensades per ser un complement al que s'aprèn a l'escola i que, com qualsevol activitat educativa no formal, pot tenir un seguiment amb exercicis previsita i postvisita.

Segons l'exercici del doctor Chambers sobre estereotips de la

ciència, *Draw a scientist* (Chambers, 1993), la majoria dels nens i nenes desenvolupa una imatge concreta de la persona que es dedica a la ciència des que són ben petits. Aquesta imatge és la d'un home caucàsic, despentinat, amb bata blanca, que treballa sol al seu laboratori. A CreaCiència – Experimentàlia es busca el trencament amb aquestes idees preconcebudes del científic i de la ciència en general.

El currículum de ciències assenyalava què cal ensenyar i com cal ensenyar-ho a les classes de ciències i, per tant, els mestres i el professorat són els encarregats de l'aprenentatge a través de la



Figura 1. Explosió d'un globus d'hidrogen.

cognició. La nostra feina ha de ser complementària i ha d'anar encabida dins de l'aprenentatge no formal. Per tant, les eines que es fan servir per ensenyar i estimular la ciència són l'*experimentació interactiva*, les *paradoxes cognitives*, la *creativitat científica*, el *pensament lateral* i l'*efecte viral*.

Cadascuna d'aquestes eines es descriu detalladament tot seguit.

L'*experimentació interactiva* es basa en l'horitzontalitat entre el formador i l'aprenent. Per tant, ens allunyem del clàssic «savi li fa l'experiment a l'ignorant que es deixa enlluernar». Proposem un model bidireccional de coneixement en el qual ambdues parts es necessiten i es complementen. Amb l'*experimentació interactiva*, l'aprenent pren una part important en el procés cognitiu, la qual cosa fa que es generi un sentiment de pertinença molt positiu a l'hora d'encoratjar a seguir aprenent.

Una altra de les nostres eines és el conjunt de les *paradoxes cognitives*. Entenem com a *paradoxa cognitiva* tot allò que s'escapa a la intuïció natural, és a dir, qualsevol fenomen que s'escapi del que es pot predir basant-se en experiències anteriors. Exemples de paradoxes cognitives n'hi ha molts, però un d'interessant és l'experiment de la ploma i el martell de

Galileu: si es fan caure una ploma i un martell des d'una mateixa alçada, cadascun dins de capsles diferents, sent aquestes de les mateixes dimensions, la intuïció natural és pensar que la capsa amb el martell caurà abans pel fet de ser més pesada. No obstant això, ambdues capsles cauen al mateix temps; en aquest moment, s'ha produït una paradoxa cognitiva. Aquest tipus d'experiments ajuda a introduir conceptes científics que podrien semblar abstractes amb molta facilitat. En el cas de l'experiment de Galileu, la ploma i el martell cauen a la vegada perquè, dins de dos recipients amb la mateixa forma, tots els cossos cauen amb la mateixa acceleració cap al terra independentment de la seva massa.

Un altre concepte que hem introduït prèviament és la *creativitat científica*. Sovint es veu la ciència com una disciplina amb problemes que tenen una única solució correcta, una solució que tothom ha de reproduir per igual i no com una escala de matisos amb múltiples lectures i solucions. Per estimular la creativitat científica, proposem experiments amb més d'una resposta. Tal com veurem a *La vida secreta dels elements*, un mateix objecte (una ampolla de llet) pot ser caracte-

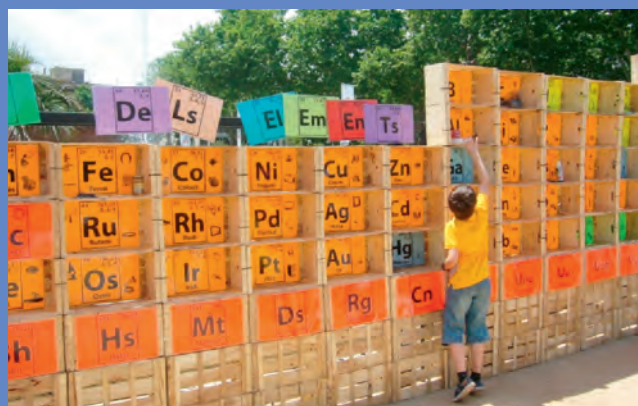
ritzat per més d'un element de la taula periòdica. Si volem incidir en l'envàs, haurem de posar-lo amb el carboni; si volem caracteritzar-lo pel líquid que hi ha a l'interior, aleshores l'hidrogen i l'oxigen seran els escollits; però si volem posar-lo al calci pel fet de ser un element que li dona un valor afegit a la llet, també serà correcte.

El *pensament lateral* és la resolució de problemes a través d'una forma de pensar indirecta i creativa. El raonament que s'utilitza no és evident *a priori* i fa servir idees difícils d'obtenir amb un raonament tradicional. Aquesta idea, presentada pel psicòleg maltès Edward de Bono (Bono, 2006), s'adequa perfectament a les activitats de CreaCiència – Experimentàlia. Aquestes activitats trenquen patrons d'intuïció i apliquen els conceptes a la vida diària per aconseguir estimular el pensament lateral, que considerem molt important per preparar els nens i nenes per al futur.

L'últim punt per descriure és l'*efecte viral* que s'espera de les activitats. Partim de dues premisses: la primera és que, per explicar quelcom, cal entendre-ho molt bé; la segona és que no hi ha ningú que pugui explicar-li millor quelcom a un nen de 14 anys que un altre nen de 14 anys. Pensem que l'ideal és convertir l'espectador en el proper prescriptor. Per tant, a partir d'uns paràmetres bàsics i senzills d'entendre, qualsevol persona hauria de ser capaç d'entendre l'activitat, participar i explicar.

Aquests factors porten a un estímul de la imaginació, la curiositat i el pensament divergent, alhora que a l'enteniment de la ciència no com quelcom abstracte, sinó com l'eina essencial per al desenvolupament de qualsevol comunitat. A més, converteixen les activitats en un repte constant i entretingut.

Figura 2. Col·locant objectes a la taula periòdica feta amb caps de fusta reciclades.



La vida secreta dels elements, la taula periòdica interactiva

Amb la idea de donar un punt de vista global de la relació entre la química i la societat i amb l'objectiu de despertar vocacions científiques, es va dissenyar *La vida secreta dels elements*. Aquest mòdul interactiu de fàcil construcció proposa un joc: classificar alguns objectes de la nostra vida quotidiana segons l'element majoritari que els compon.

El projecte s'ha exposat dues vegades en dos esdeveniments de caire científic: la Festa de la Ciència 2011 i l'última edició de Ciència en Acció, que va tenir lloc a Lleida pel mes d'octubre de 2011. En ambdós casos, el públic objectiu són nens i nenes en edat escolar.

La vida secreta dels elements és una taula periòdica de gran envergadura feta de caps de fusta reciclades i apilades formant una estructura de 9 m d'amplada per gairebé 2,5 m d'alçada. Les caps s'apilen amb el costat buit mirant al públic, de manera que cada buit de cada caps fa de prestatge per a tots i cadascun dels elements de la taula periòdica.

Les caps de fusta (fig. 2) són netejades i reutilitzades i s'uneixen les unes amb les altres amb brides unex. L'esquelet que sosté l'estructura és metàl·lic o de fusta i s'aguanta sobre uns peus de fusta perquè no se l'endugui el vent, si l'activitat es fes a l'aire lliure. A cada compartiment s'ha grapat una infografia plastificada amb el símbol de l'element corresponent a la posició.

Com en el cas de *Quim i Ka*, els elements es classifiquen segons la

seva naturalesa i estat físic. D'aquesta manera, els sòlids són taronges, els gasos són grocs, els líquids són blaus, als elements sintètics els correspon el vermell i als radioactius, el verd. Cada casella té el nom i el símbol de l'element, el nombre atòmic, l'estat d'oxidació, la massa atòmica i tres o quatre dibuixos al·legòrics de les aplicacions o de les fonts naturals de cada element.

Els objectes que es donen als participants són d'ús quotidià. Proposem que els nois i noies trobin el nexa d'unió entre la química i el nostre dia a dia, per la qual cosa els objectes proposats són, per exemple, un pot de llet, sal de cuina, pasta de dents, una bombeta, sorra de platja, lleixiu i un llarg etcètera. Els més de dos-cents objectes per classificar han estat recopilats i reutilitzats i es disposen davant de la taula periòdica (un a cada extrem) en dues caps de plàstic grans.

Cada mostra es tria (fig. 3) sobre la base que presenti més d'una resposta possible, de tal manera que cada objecte pot ser col·locat en més d'un lloc una mateixa vegada. Així es busca potenciar el pensament divergent i es motiva el participant a buscar diferents respostes, a banda de la que és més evident. Així, la sal de cuina es pot posar al sodi o al clor, mentre que la bombeta pot ser posada al tungstè (que compon el filament), al silici (que compon el vidre), a l'argó (que fa l'atmosfera inerta) o al ferro (del qual està fet el cargol).

L'altra lectura (fig. 4) que es dona a l'activitat és precisament la lectura oposada, és a dir, que cada element es troba en objectes



Figura 3. Caixa amb els objectes que els participants han de classificar.



Figura 4. El calci es troba tant als ossos com a la llet.

Es va dissenyar *La vida secreta dels elements* amb la idea de donar un punt de vista global de la relació entre la química i la societat i amb l'objectiu de despertar vocacions científiques

i en substàncies molt diferents, desenvolupant papers molt diversos. Tant és així que, per exemple, podem trobar el silici a la sorra i al vidre (ja que el vidre es fa a partir de la sorra) pel fet de ser un element molt abundant entre els minerals, però també es pot trobar en xips d'ordinador i circuits elèctrics per les seves capacitats de conducció de l'electricitat.

Es pretén amb això deixar clar que els elements poden formar part de substàncies de propietats molt diferents. Altres exemples podrien ser el ferro de les lleties i l'acer o el clor del lleixiu i la sal. A part d'això, es pretén també fer entendre el concepte invers, és a dir, que cada objecte del nostre entorn està format per materials constituïts per substàncies diverses. Anomenem *petjada química* d'un objecte a la quantitat d'elements que són necessaris per formar les substàncies que el constitueixen.

L'ideal per a aquest mòdul seria que l'efecte viral conduís al fet que el visitant fos el prescriptor del visitant següent. Malgrat tot, hem vist que en una primera etapa és imprescindible la figura de l'*explainer*, una persona que acompanya el nen o nena mentre participa en *La vida secreta dels elements*. Aquesta persona coneix tots els objectes i els elements que els componen i, en funció de l'edat del visitant, dóna pistes i fa de guia a través de la taula periòdica. Per a la formació de l'*explai-*

ner, s'ha preparat una llista amb la relació de tots els objectes amb els elements que els componen, a banda d'una llista de suggeriments i conceptes teòrics interessants sobre la taula periòdica.

En camps més teòrics, s'aprofita per explicar als nens i nenes més grans algunes propietats periòdiques dels elements, com ara la seva ordenació segons el nombre atòmic i el volum atòmic. També s'introdueix la idea que, en general, els elements que es troben més amunt són més lleugers que els de més avall.

Quim i Ka: cada persona, un element de la taula periòdica

L'espectacle *Quim i Ka* és un xou científic que trenca (fig. 5) amb els nostres espectacles d'educació no formal habituals i du la participació a un nou nivell. Per començar, a cada espectador li donem una samarreta que té estampat un element de la taula periòdica. També repartim altres samarretes amb termes com la calor, l'electricitat, nombres, etc. Més de cent trenta samarretes per acomplir un espectre molt ampli d'elements i accions. A més, junt amb les samarretes principals que ens ajudaran a l'experiment final, lliurem un objecte característic o evocatiu (per exemple, un rotlló de paper de plata, en el cas de l'alumini, o un collar d'aurat, en el de l'or). La samarreta mostra el símbol, els possibles estats d'oxidació, la massa atòmica relativa, el nombre atòmic i el nom

de l'element. La samarreta és taronja, si l'element és sòlid; blava, si és líquid; groga, si és gas; verda, si és radioactiu, i vermella, si és sintètic. Si els gasos són nobles, a més, els afegim corona. En cada reacció química que fem, el protagonistes són elements diferents de la taula periòdica i, per tant, diferents voluntaris.

El xou té com a protagonistes (fig. 6) en Quim (Dani Jiménez) i la Ka (Paula Navarro). Ambdós personatges es fan preguntes relacionades amb la química i les seves aplicacions i amb l'ajuda del públic hi troben solució. El rol dels protagonistes es basa en personatges coneguts, com ara el pallaso trist i el pallaso alegre o bé el Quixot i Sancho Pança. Un d'ells, en Quim, és intel·ligent, seriós i sap molt sobre química. La Ka, per contra, és un personatge més desenfadat, que té moltes ganes de saber el que és la química i conèixer els seus secrets i que pregunta constantment tot el que vol saber. Amb aquesta idea volem identificar el públic amb un personatge o l'altre segons el seu nivell de coneixements.

L'espectacle comença provocant l'expectació del públic en fer dos experiments plens de llum i so: «Flaix blau» i «Sol dins d'una ampolla». Immediatament després, es presenten (fig. 7) l'espectacle i l'equip i es procedeix a la identificació dels elements i el seu estat físic. Cada persona del públic fa un crit segons l'estat



Figura 5. L'espectacle Quim i Ka.



Figura 6. Els voluntaris amb les corresponents samarretes i corones.



Figura 7. «Sol dins d'una ampolla».



Figura 8. Una reacció de combustió.

sòlid al qual pertany, de manera que l'espectador participa a l'espectacle des del primer moment. Aquest acte interactiu és el primer de molts que es duen a terme durant tot l'espectacle, que aborda temes com la diferenciació del que és i el que no és una reacció química, la conservació de la massa, la reactivitat de les substàncies i les aplicacions de la química a la indústria i a la natura.

L'espectacle té com a objectiu educatiu respondre quatre grans preguntes al voltant de la química: 1) què és i què no és una reacció química?; 2) què tenen en comú totes les reaccions químiques?; 3) per què reaccionen les substàncies?; i 4) quines són les principals aplicacions de la química? Atès el nivell de les explicacions, hem constatat que el xou és més adequat per a estudiants de secundària.

Què és i què no és una reacció química?

En aquesta primera secció, es vol posar en evidència que no tots els canvis que es produeixen a la natura són de naturalesa química. Es veuen un canvi físic (trencant un bloc de gel), un canvi d'estat (fent un núvol de gel sec), un procés de dissolució (dissolent sota llum fosca una substància fluorescent en aigua) i, finalment, una reacció química (cremant una malla de ferro). Al final d'aquesta seqüència, es revisen (fig. 8) els experiments que s'han vist un per un i es demana que el públic opini sobre quin és i quin no és una reacció química, tot deixant per al final la resposta correcta. S'intenta que es posi de manifest que, tot i que som capaços de reconèixer molts canvis a la natura, no tots són canvis de naturalesa química.

Què tenen en comú totes les reaccions químiques?

En la segona seqüència de Quim i Ka, es parla sobre la llei de conservació de la massa. S'encadena amb la primera secció preguntant què tenen en comú totes les reaccions químiques. Un cop plantejada aquesta pregunta, s'inicia una sèrie de quatre experiments: es fa explotar sodi metàl·lic, es fan bombolles d'hidrogen amb una electròlisi catalitzada amb sal, es fa una reacció redox amb iodur de potassi i aigua oxigenada de laboratori (afegint-hi sabó de cuina per potenciar l'efecte erupció) i se sintetitza un plàstic. Un cop acabada la sèrie d'experiments, es pregunta al públic què és el que tenen en comú les quatre reaccions. Sovint la resposta no és la que es busca, però val a dir que alguna vegada el nen o nena ha observat alguna cosa que és comuna a totes. Es dona la resposta explicant una mica d'història de Lavoisier i la seva teoria sobre la conservació de la massa.

Per què reaccionen els elements?

La tercera part de l'espectacle explica per què reaccionen les substàncies. S'introdueix plantejant la pregunta directament tot just havent acabat amb la conservació de la massa. En aquesta secció, pugen a l'escenari dos espectadors: l'un puja sobre una cadira i l'altre es manté al terra. Cadascun dels voluntaris o voluntàries té un globus que es fa explotar. El globus que pertany a qui és a la cadira explota molt fortament amb una bola de foc, mentre que el globus de qui és al terra ho fa de manera molt més moderada. A partir d'aquí es fa entendre que, de la mateixa manera que el voluntari se sent més còmode de peus a terra que no pas de peus a la cadira, les substàncies es troben a diversos nivells d'energia i seran més estables quan més baix sigui aquest nivell. El globus de dalt contenia hidrogen gas, mentre que el de sota estava ple d'heli. L'hidrogen reacciona amb l'oxigen, mentre que l'heli no ho fa.

Quins són alguns dels camps d'aplicació de la química?

Per a la quarta i última seqüència del xou, es proposa el joc dels «trilers», en el qual s'ha d'endevinar on és l'aigua en tres gots que es mouen i es canvien de lloc. No és el joc clàssic, sinó que s'ha afegit en un dels gots una petita quantitat de poliàcrilat de sodi, una substància que és capaç d'absorbir entre dues-centes i tres-centes vegades la seva massa en aigua. D'aquesta manera, quan el públic encerta on és realment l'aigua, el gel que s'ha format s'ha expandit tant que es queda encallat al got i no cau. Aquesta entrada serveix per introduir les aplicacions de la química: es parla de la higiene i la salubritat, de l'agricultura, de la química verda, de la transformació de les matèries primeres, de la medicina, de la farmàcia, de la cuina...

Finalment, la química de la vida

Finalment, es fa que cada membre del públic dipositi el seu objecte dins d'un recipient i s'explica quina és la composició d'una persona de 70 kg. L'oxigen és l'element més abundant al cos humà (43 kg), seguit del carboni (16 kg) i de l'hidrogen (7 kg); el nitrogen, el calci, el fòsfor i el potassi són també alguns dels elements més abundants. Amb això es pretén fer notar que tota la matèria que ens envolta està formada per elements que han anat formant-se des de l'origen de l'univers. Les persones, també. La combinació d'alguns d'aquests elements en unes determinades condicions va donar lloc a un tipus d'estructures i de reaccions químiques complexes que originen les diferents formes de vida. Per exemplificar aquest procés i tancar l'espectacle d'una manera espectacular i divertida (fig. 9), es realitza una explosió d'un globus amb gas hidrogen i es fa aparèixer a l'escenari una persona que representa un home primitiu.

Conclusions

Les activitats educatives no formals sobre disciplines científiques poden ser molt profitoses, si s'acompanyen d'activitats prevista i postvisita. Poden ajudar a despertar vocacions científiques, a trencar estereotips i idees preconcebudes sobre la ciència i a despertar competències transversals, com ara el pensament crític,

la imaginació i la creativitat. Algunes d'aquestes activitats són l'espectacle *Quim i Ka* i el mòdul *La vida secreta dels elements*.

La primera és un espectacle científic basat en el continu pregunta-resposta que juga amb les paradoxes cognitives i amb el problema de la múltiple resposta. Aquest espectacle, útil per a alumnes de secundària, diferencia el que són les reaccions químiques de la resta dels canvis de la natura; explica la conservació de la massa com a característica comuna en totes les reaccions; mostra que no totes les substàncies reaccionen de la mateixa manera, i exposa diverses aplicacions de la química.

La segona activitat (*La vida secreta dels elements*) és un mòdul de molt alta interactivitat que emfatitza la cara més polifacètica de la química dels elements i la naturalesa complexa dels objectes de la nostra vida quotidiana. Amb l'ajut d'un *explainer*, el mòdul aguditza la imaginació i el pensament lateral i reforça els conceptes teòrics de la taula periòdica i la seva organització meticulosa i sorprenent per a visitants més avançats.

Referències bibliogràfiques

- CHAMBERS, D. W. (1993). «Stereotypic images of the scientist: The draw-a-scientist test». *Science Education Assessment Instruments*, 67(2): 255.
- BONO, E. de (2006). *El pensamiento lateral*. Barcelona; Paidós.



Toni Aulés Solé

És llicenciat en ciències químiques per la UB i màster de comunicació científica per la UPF. Ha participat en grups de recerca de la Facultat de Química de la UB i de l'Institut de Biologia Molecular i Cel·lular de Singapur. Des del 2011, treballa a temps parcial a l'EBMT i a CreaCiència – Experimentàlia en el disseny i perfeccionament tant d'experiments com d'altres eines divulgatives. Ha col·laborat com a professor voluntari a l'escola d'adults EDA La Verneda i al II Simposi de Museologia Científica al CosmoCaixa Barcelona.
A. e.: toniaules@gmail.com



Dani Jiménez Albiac

És llicenciat en ciències físiques per la UB, té estudis del màster en història de la ciència i la societat de la UAB i ha fet nombrosos cursos de divulgació científica. Ha treballat al CosmoCaixa, TV3, Catalunya Ràdio, TVE, ComRàdio, el diari *Avui* o la revista *El Temps*. Fa cinc anys va fundar i dirigeix l'empresa Creaciència – Experimentàlia, especialitzada en la divulgació de la ciència i el medi ambient. L'activitat principal de l'empresa són els espectacles en centres educatius (més de cent anuals), a banda d'exposicions en museus, tallers i experiments massius. És autor de dos llibres, *Ciència a un euro* i *Ciència a dos euros*, amb més de quinze mil exemplars venuts.
A. e.: dani@experimentalia.es



Figura 9.
L'espectacle final.